

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2006

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

ÉPREUVE ÉCRITE DE PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 . – COEFFICIENT : 6

L'épreuve a été conçue pour être traitée AVEC calculatrice

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de papier millimétré.

Les données sont en italique.

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 7 pages numérotées de 1 à 7, y compris celle-ci.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Évolution d'un système chimique (4 points).
- II. Systèmes libres et forcés dans une automobile (6,5 points).
- III. À propos des noyaux d'argent (5,5 points).

EXERCICE I. ÉVOLUTION D'UN SYSTÈME CHIMIQUE (4 points)

Données : pK_A des couples acide / base :

Acide méthanoïque $\text{HCOOH}(\text{aq})$ / ion méthanoate $\text{HCOO}^-(\text{aq})$: $pK_{A_1} = 3,8$

Acide benzoïque $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})$ / ion benzoate $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})$: $pK_{A_2} = 4,2$

1. Étude de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration.

On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et d'acide benzoïque de même concentration molaire en soluté apporté $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La mesure du pH d'un volume $V = 10 \text{ mL}$ de chaque solution fournit les résultats suivants :

- solution aqueuse d'acide méthanoïque : $\text{pH}_1 = 2,9$;
- solution aqueuse d'acide benzoïque : $\text{pH}_2 = 3,1$.

1.1. La réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

1.1.1. Écrire l'équation de cette réaction.

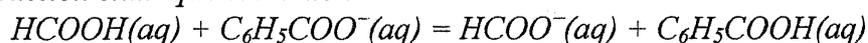
1.1.2. Calculer son avancement final, son avancement maximal ; en déduire son taux d'avancement final. On pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique.

1.1.3. Conclure sur le caractère total ou non de la transformation chimique mettant en jeu la réaction de l'acide méthanoïque avec l'eau.

1.2. À partir de la comparaison des valeurs des pH des solutions aqueuses d'acide méthanoïque et benzoïque, dire pour quel acide la réaction avec l'eau est la plus avancée.

2. Évolution d'un système chimique.

Soit la réaction chimique suivante :



2.1. Exprimer la constante d'équilibre de cette réaction puis calculer sa valeur.

2.2. On dispose de solutions aqueuses d'acide méthanoïque et de benzoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c et de solutions aqueuses d'acide benzoïque et de méthanoate de sodium de même concentration molaire en soluté apporté c' . On admettra que, dans leurs solutions aqueuses respectives :

$$[\text{HCOOH}(\text{aq})] = c ; [\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(\text{aq})] = c ; [\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(\text{aq})] = c' ; [\text{HCOO}^-(\text{aq})] = c'.$$

On mélange des volumes $V = 10,0 \text{ mL}$ égaux des quatre solutions ci-dessus.

2.2.1. Les concentrations molaires en soluté apporté c et c' ont les valeurs suivantes :

$$c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } c' = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Calculer le quotient de réaction dans l'état initial dans ce cas précis. Dans quel sens va évoluer le système chimique ?

Donnée : les réactions sur l'eau des ions benzoate et méthanoate sont peu avancées.

2.2.2. En maintenant $V = 10,0 \text{ mL}$ et $c = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, quelle valeur faudrait-il donner à c' pour que le système soit en équilibre ?

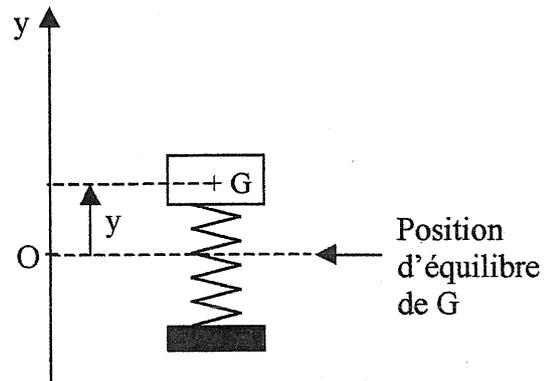
EXERCICE II. SYSTÈMES LIBRES ET FORCÉS DANS UNE AUTOMOBILE (6,5 points)

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes

1. La suspension : les amortisseurs. (4 pts)

La suspension d'une automobile permet d'atténuer les oscillations verticales, inconfortables et dangereuses pour les passagers, se produisant lors du passage dans un trou ou sur un obstacle. Elle se compose au niveau de chaque roue d'un ressort et d'un amortisseur (généralement à huile).

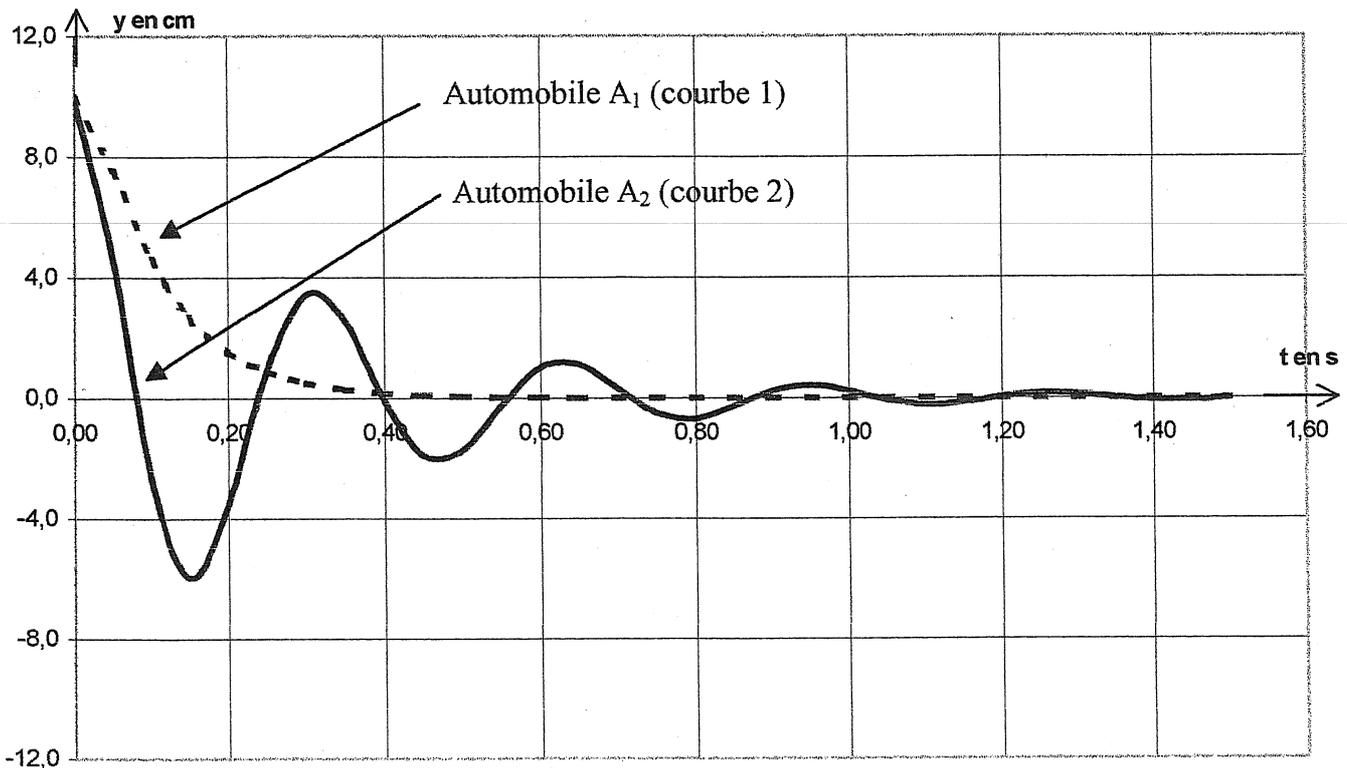
Pour étudier ce système, l'automobile est modélisée par un solide de masse m , de centre d'inertie G reposant sur un ressort vertical de constante de raideur k . Le repérage des positions y du centre d'inertie de l'automobile se fait selon un axe vertical Oy orienté vers le haut ; l'origine O est choisie à la position d'équilibre G_0 du centre d'inertie du solide. Les amortisseurs engendrent globalement une force de frottement opposée au vecteur vitesse du solide et proportionnelle à sa valeur ; le coefficient de proportionnalité η s'appelle coefficient d'amortissement.



1.1. Quelle est l'expression correcte de la période propre T_0 de l'oscillateur? La justifier par une analyse dimensionnelle :

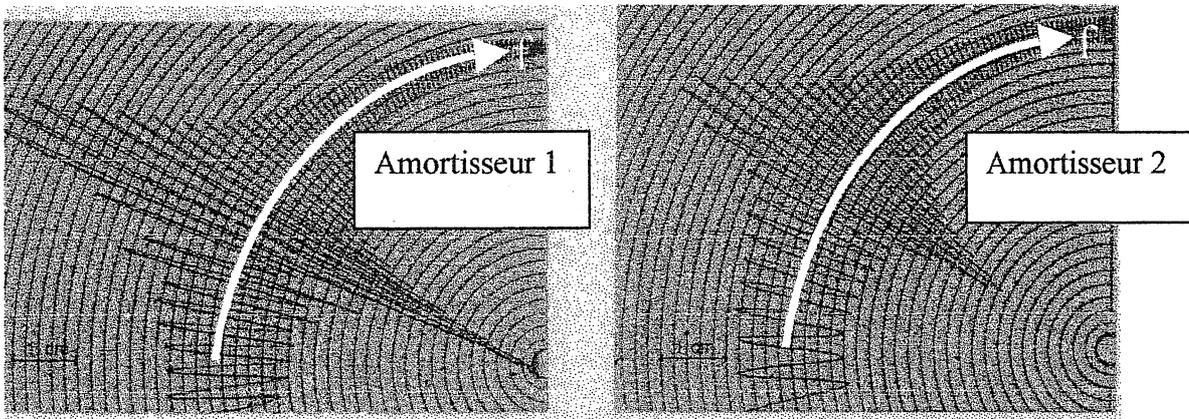
a) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}}$ b) $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ c) $T_0 = 2\pi\sqrt{k m}$

1.2. On considère deux automobiles A_1 et A_2 , assimilables chacune à un solide de même masse m reposant sur un ressort vertical de constante de raideur $k = 6,0 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$. La figure ci-après présente les courbes $y(t)$ des positions du centre d'inertie G du solide modélisant chaque automobile lors du passage sur une bosse.



- 1.2.1. Les oscillations sont-elles libres ou forcées ?
- 1.2.2. Donner les noms des régimes associés aux courbes 1 et 2.
- 1.2.3. L'une des courbes présente une pseudo-période. Déterminer graphiquement sa valeur.
- 1.2.4. En admettant que la valeur de la pseudo-période est très voisine de celle de la période propre, calculer la masse m commune de chaque automobile.
- 1.2.5. Les allures différentes des courbes sont dues au coefficient d'amortissement η .
Quelle courbe correspond à la plus grande valeur de η ? Justifier la réponse.
Quelle automobile possède la meilleure suspension ?

1.3. De nombreux garages possèdent un dispositif permettant de tester la suspension d'une automobile : il impose à la roue testée une excitation verticale périodique dont on peut faire varier la fréquence f . Le dispositif permet d'enregistrer l'amplitude des oscillations de la caisse en fonction de la fréquence. Les courbes ci-dessous ont été obtenues lors de deux tests réalisés sur deux amortisseurs.



- 1.3.1. À quel type d'oscillations sont soumis les amortisseurs lors de ces tests ? Justifier la réponse en citant un verbe dans la description du dispositif servant au test.
- 1.3.2. L'amplitude des oscillations passe par un maximum pour une fréquence voisine d'une fréquence caractéristique de l'amortisseur. Laquelle ? Comment s'appelle alors ce phénomène ?
- 1.3.3. Quel est l'amortisseur qui assure le plus de confort aux passagers ?

2. L'alimentation électrique : l'accumulateur au plomb.

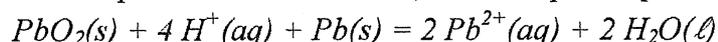
La batterie de démarrage d'une automobile est constituée par l'association, en série, de plusieurs éléments d'accumulateurs au plomb.

Un élément d'accumulateur comprend deux électrodes : l'une est en plomb métal $Pb(s)$, l'autre est recouverte de dioxyde de plomb $PbO_2(s)$. Elles sont immergées dans une solution aqueuse d'acide sulfurique.

Les deux couples oxydant / réducteur impliqués dans le fonctionnement de cet accumulateur sont : $PbO_2(s) / Pb^{2+}(aq)$ et $Pb^{2+}(aq) / Pb(s)$

2.1. Lors de la décharge, l'accumulateur joue le rôle de générateur. L'oxydant $PbO_2(s)$ et le réducteur $Pb(s)$ réagissent spontanément l'un sur l'autre.

- 2.1.1. En écrivant les équations aux électrodes, montrer que l'équation de la réaction s'écrit alors :



- 2.1.2. Identifier l'électrode négative de ce générateur en justifiant la réponse.

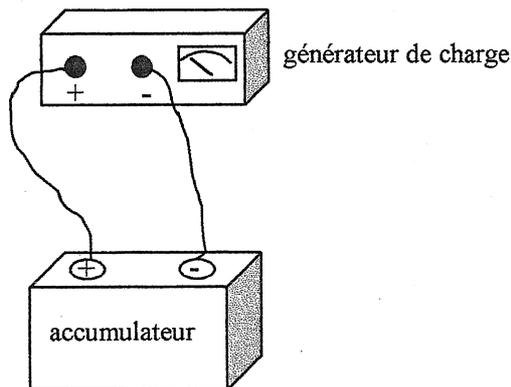
- 2.1.3. Le fonctionnement du démarreur nécessite un courant d'intensité 200 A.

Le conducteur actionne le démarreur pendant 1,0 s ; quelle est la masse de plomb Pb(s) consommée ?

Données : masse molaire atomique du plomb : $207,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1 faraday ($1F$) = $96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$; constante d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; charge électrique élémentaire $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

2.2. Lors de la charge, l'accumulateur joue le rôle d'électrolyseur. Un générateur de charge, de force électromotrice supérieure à celle de l'accumulateur est branché en opposition avec celui-ci : la borne positive du générateur est reliée à l'électrode positive de l'accumulateur, la borne négative à l'électrode négative. Le sens du courant est imposé par le générateur de charge.



2.2.1. Écrire l'équation de la réaction chimique se produisant lors de la charge.

2.2.2. La transformation est-elle spontanée ou forcée ?

EXERCICE III. À PROPOS DES NOYAUX D'ARGENT. (5,5 points)

On soumet à un flux de neutrons lents un échantillon d'argent ne contenant que des atomes d'argent 107. Un noyau d'argent 107 capte un neutron et il se forme un noyau d'argent 108.

Le noyau d'argent 108 est radioactif. Il se désintègre suivant plusieurs processus compétitifs dont la radioactivité β^- et la radioactivité β^+ .

Donnée : extrait de la classification périodique fournissant les symboles des éléments et leur numéro atomique

Rh Z = 45	Pd Z = 46	Ag Z = 47	Cd Z = 48	In Z = 49
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

1. Capture d'un neutron.

- 1.1. Rappeler les deux lois de conservation qui permettent d'écrire l'équation d'une réaction nucléaire.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction de capture d'un neutron par un noyau d'argent 107.

2. Désintégration du noyau d'argent 108.

- 2.1. Rappeler la nature des particules émises au cours des radioactivités β^- et β^+ . Écrire leur symbole.
- 2.2. Écrire les équations correspondant à chacune des transformations radioactives pour l'argent 108.

3. Activité d'un échantillon de noyaux d'argent 108.

On considère un échantillon contenant N_0 noyaux d'argent 108 à l'instant de date $t = 0$ s. Soit N , le nombre de noyaux restant à l'instant de date t .

- 3.1. Rappeler l'expression de N en fonction de N_0 , de t et de la constante radioactive λ .
- 3.2. Donner la définition de la demi-vie radioactive $t_{1/2}$.
- 3.3. La relation entre la demi-vie radioactive $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ est $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$. Le symbole \ln représente le logarithme népérien. Quelle est l'unité de λ ?
- 3.4. L'activité à l'instant t d'un échantillon est définie par la relation $A = -\frac{dN}{dt}$. Elle représente le nombre de désintégrations qui ont lieu par seconde.

On détermine l'activité en mesurant le nombre n_1 de désintégrations qui se produisent pendant une durée Δt très petite devant la demi-vie radioactive $t_{1/2}$. On a alors $A = \frac{n_1}{\Delta t}$.

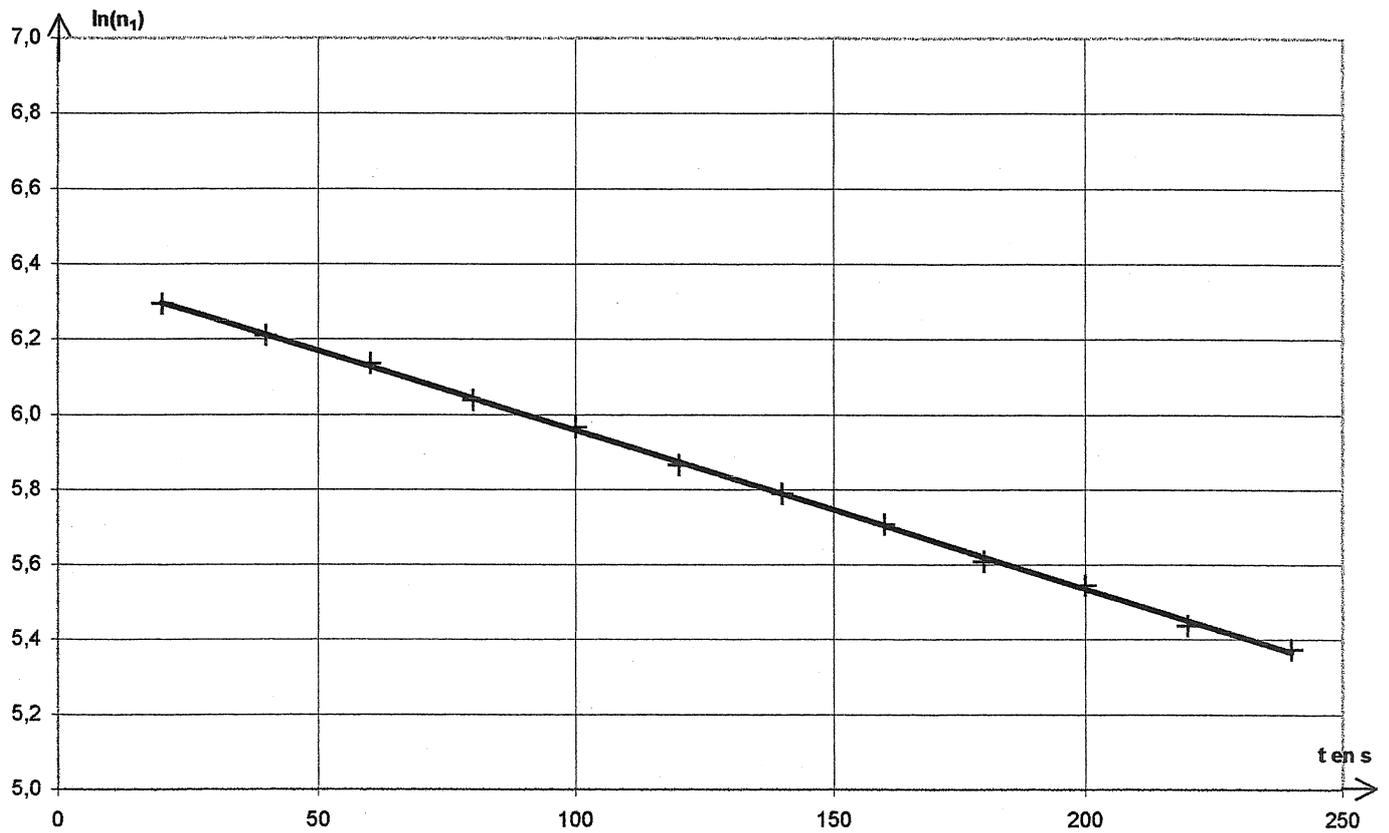
- 3.4.1. Montrer que l'activité peut aussi s'exprimer par $A = \lambda N$.
- 3.4.2. Exprimer n_1 en fonction de Δt , N_0 , t et λ .
- 3.4.3. En déduire l'expression de $\ln(n_1)$ en fonction de Δt , N_0 , t et λ .

4. Demi-vie radioactive de l'argent 108.

On se propose de déterminer expérimentalement la demi-vie de l'argent 108. On s'inspire des résultats théoriques de la question 3 et on mesure le nombre n_1 de désintégrations obtenues pendant la durée $\Delta t = 0,50$ s. Cette mesure se répète toutes les 20 s. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

t en s	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
n_1	542	498	462	419	390	353	327	301	273	256	230	216

Grâce à un tableur, il est possible de tracer le graphe représentant l'évolution de $\ln(n_1)$ en fonction du temps. Le graphe est donné ci-après.



- 4.1. La représentation graphique est-elle en accord avec la relation trouvée à la question 3.4.2. ?
- 4.2. En utilisant le graphe, déterminer λ et N_0 .
- 4.3. En déduire $t_{1/2}$.